

LABORATOIRE DE PRODUCTION MICROTECHNIQUE**Thomas Maeder**

EPFL-STI-IMT-LPM, Station 17

CH-1015 LAUSANNE, Switzerland

☎ : + 41 21 693 58 23

Fax : + 41 21 693 38 91

thomas.maeder@epfl.ch

<http://lpm.epfl.ch>ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

2009-07-30 MilliNewton - collage billes.docx

Poutres MilliNewton – tests de collage de billes

Résumé. Le but du présent travail était la qualification du collage, en remplacement du brasage, des billes de centrage de force sur les poutres MilliNewton, ce qui a le potentiel d'en simplifier et fiabiliser la production. Les billes ont été collées (même sérigraphie que la brasure) avec une colle époxy, Epoxy Technology EP 354, avec des ajouts de flexibilisateur R&G, $\approx 10\%$ et 20% de la résine de base. Les collages ont ensuite été testés en cisaillement, après durcissement de la colle, 150°C 10 min, et après durcissement et passage à 260°C 30 s, pour simuler l'étape de brasage. Les valeurs de résistance mécanique obtenues sont acceptables, validant le principe.

Nathalie Serra & Thomas Maeder, 30.7.2009.

Projet : MilliNewton**Mots-clefs :** Propriétés mécaniques, collage, fiabilité, optimisation, qualification

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
2. EXPERIENCES.....	2
3. RESULTATS & CONCLUSIONS.....	3

1. Introduction

Le brasage des billes est problématique à maints égards, et ces problèmes ont été exacerbés par le passage à la brasure sans plomb à base d'étain (plus haute température de brasage et composition à la base plus agressive) :

- Restriction à des billes métalliques : coût, perturbations électriques & thermiques
- Traitement de surface des billes pour les rendre brasables : coût
- Métallisation supplémentaire sur la poutre pour permettre le brasage : coût
- Refusion supplémentaire de l'étamage de fixation de la poutre : fiabilité

Ces problèmes seraient résolus par un collage, dont la température de durcissement est nettement en dessous de celle de fusion de la brasure, ce qui évite notamment les problèmes de fiabilité due à la refusion de l'étamage.

Cependant, l'adhésion d'un collage peut être plus critique à garantir de façon fiable que la résistance d'une brasure tendre. Aussi, le collage doit supporter l'étape de brasage de la poutre sur l'embase ($\sim 260^{\circ}\text{C}$ 30 s) sans perdre sa résistance mécanique.

2. Expériences

Les composants sont utilisés sont indiquées au Tableau 1 et les valeurs époxy / amine admises (assez spéculatives pour la résine EP 354T) sont données au Tableau 2.

Les étapes de fabrication sont :

- 1) préparation de mélanges ;
- 2) durcissement 150°C 10 min ;
- 3) recuit de simulation de brasage 260°C 30 s.

Pour les mélanges, on cherche à varier la part de flexibilisateur pour déterminer un optimum au niveau de la résistance mécanique : le flexibilisateur la diminue, mais rend aussi la colle moins fragile : on ajoute donc 0% (résine de base), $\sim 10\%$ et $\sim 20\%$ de flexibilisateur à la résine.

D'autre part, comme les valeurs époxy / amine sont mal connues, et qu'il y a en réalité toujours un certain empirisme (réactions pas toujours à 100% pour des raisons cinétiques / d'encombrement stérique moléculaire ; réactions parallèles possibles), on varie le rapport durcisseur : flexibilisateur dans les mélanges de modification ajoutés.

Les prémix préparés sont données au Tableau 3 ; ils sont ensuite mélangés pour donner les compositions finales indiquées au Tableau 4.

Pour chaque composition et condition de préparation (durci + recuit), deux billes ont été cisailées mécaniquement, et on donne la moyenne de la force de rupture.

Fonction	Composition
Colle	Epoxy Technology (Polyscience) EP 354T Mélange : résine + durcisseur 10:1 Colle visqueuse & thixotrope ; longue durée d'utilisation du mélange
Flexibilisateur	Flexibilisator Swiss-Composite ; R&G GmbH 130 140-1
Charge	Graphite TIMCAL KS4 Faible quantité : protection UV + coloration (détermination mélange)

Tableau 1. Composants utilisés.

Composant	Valeur époxy / amine
Résine EP 354T	Valeur époxy pas donnée par le fabricant 0.125 moles de fonctions/100 g déduit du rapport de mélange ¹
Flexibilisateur R&G	Valeur époxy = 0.31 mol/100 g selon fabricant
Durcisseur EP 354T	Valeur amine pas donnée par le fabricant 80 g/mol admis, valeur typique

Tableau 2. Valeurs époxy / amine des composants.

¹ Pour obtenir le rapport de mélange, on multiplie la valeur époxy de la résine, ici 0.125 mol/100 g, par la valeur amine du durcisseur, ici 80 g/mol, ce qui donne 10 g de durcisseur / 100 g de résine, correspondant bien au rapport de mélange résine : durcisseur indiqué, à savoir 10:1.

Prémix	EP 354T résine [g] 0.125	Flex. R&G (résine) [g] 0.31	EP 354T durcisseur [g] 80	graphite KS4 [g]	Total [g]	EP 354T résine	Flex. R&G (résine)	EP 354T durcisseur	Durcisseur / résine
Valeur EP / amine									
O : résine de base	30.0		3.0		33.0	91%	0%	9%	10%
A : résine de base + graphite	30.0		3.0	1.0	34.0	88%	0%	9%	10%
B- : prémix flex (moins de durcisseur)		2.0	0.3		2.3	0%	87%	13%	15%
B0 : prémix flex (proportions calculées)		2.0	0.5		2.5	0%	80%	20%	25%
B+ : prémix flex (plus de durcisseur)		2.0	0.7		2.7	0%	74%	26%	35%

Tableau 3. Prémix préparés, mélangés ensuite pour donner les compositions finales.

Mélanges finaux		O	10% B-	10% B0	10% B+	20% B-	20% B0	20% B+
O	[g]	10.0						
A	[g]		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
B-	[g]		0.5			1.0		
B0	[g]			0.5			1.0	
B+	[g]				0.5			1.0
EP 354T - résine	[g]	9.09	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41
Flexibilisateur (= résine)	[g]	0.00	0.43	0.40	0.37	0.87	0.80	0.74
EP 354T - durcisseur	[g]	0.91	0.51	0.54	0.57	0.57	0.64	0.70
Total	[g]	10.00	5.35	5.35	5.35	5.85	5.85	5.85
EP 354T - résine	[%]	91%	82%	82%	82%	75%	75%	75%
Flexibilisateur (= résine)	[%]	0%	8%	7%	7%	15%	14%	13%
EP 354T - durcisseur	[%]	9%	9%	10%	11%	10%	11%	12%
Stoechiométrie durcisseur	[%]	100%	92%	100%	107%	87%	100%	112%
Force cuit 150°C 10 min	[kg]		2.65	2.25	3.10	3.95	2.10	2.40
	[N]	≈23	26	22	31	37	22	26
Force après 260°C 30s	[kg]		2.15	1.25	2.35	2.35	2.50	2.55
	[N]	≈15	19	17	19	28	23	23

Tableau 4. Mélanges finaux et résultats.

3. Résultats & conclusions

L'ajout de flexibilisateur semble augmenter la résistance mécanique à l'état recuit à 260°C (tendance de ce recuit à trop durcir / fragiliser la résine). Parmi les variantes, la 20%B- (le plus de flexibilisateur et le moins de durcisseur) semble être la meilleure, mais les autres variantes à 20% donnent aussi de bons résultats. La tendance est assez monotone entre 0%, 10% et 20% de flexibilisateur, mais il faudrait refaire les tests sur nettement plus d'échantillons.